

КОРИШЋЕЊЕ ПЕСТИЦИДА У БИЉНОЈ ПРОИЗВОДЊИ
И ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

S C I E N T I F I C M E E T I N G S

Book CLXXXI

DEPARTMENT OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL SCIENCES

Book 16

USE OF PESTICIDES IN PLANT PRODUCTION AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

Accepted at the VIII meeting of the Department of Chemical and Biological Sciences
on February 22, 2019

E d i t o r s

Academicians

DRAGAN ŠKORIĆ

MARKO ANĐELKOVIĆ

BELGRADE 2019

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

НАУЧНИ СКУПОВИ

Књига CLXXXI

ОДЕЉЕЊЕ ХЕМИЈСКИХ И БИОЛОШКИХ НАУКА

Књига 16

КОРИШЋЕЊЕ ПЕСТИЦИДА У БИЉНОЈ ПРОИЗВОДЊИ И ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Примљено на VIII скупу Одељења хемијских и биолошких наука
од 22. фебруара 2019. године

Уредници
академици

ДРАГАН ШКОРИЋ
МАРКО АНЂЕЛКОВИЋ

БЕОГРАД 2019

Издаје
Српска академија наука и уметности
Кнеза Михаила 35, Београд

Технички уредник
Никола Сивановић

Лектор и коректор
Тања Рончевић

Превод резимеа
Ауџори

Тираж 500 примерака

Штампа
Планета џринџ, Београд

© Српска академија наука и уметности 2019

ОРГАНИЗАЦИОНИ ОДБОР
академик Драган Шкорић, председник
академик Марко Анђелковић
академик Драган Мицић
проф. др Драгана Божић
др Горан Малица
Вера Батина, секретар

САДРЖАЈ
CONTENTS

ПРЕДГОВОР	9
Васкрсија Јањић	
ИСТОРИЈАТ И ЗНАЧАЈ ПРИМЕНЕ ПЕСТИЦИДА У БИЉНОЈ ПРОИЗВОДЊИ	11
Vaskrsija Janjić	
HISTORY AND IMPORTANCE OF PESTICIDE APPLICATION IN THE PLANT PRODUCTION	32
Мирјана Лалошевић, Жељко Миловац, Горан Малица, Весна Жупунски, Стеван Маширевић, Радивоје Јевтић	
ПРИМЕНА ПЕСТИЦИДА У РАТАРСТВУ	33
Mirjana Lalošević, Željko Milovac, Goran Malidža, Vesna Župunski, Stevan Maširević, Radivoje Jevtić	
PESTICIDE USE IN FIELD CROPS	51
Емил Рекановић, Милош Степановић, Светлана Милијашевић Марчић, Ивана Поточник	
ПРИМЕНА ПЕСТИЦИДА У ПОВРТАРСТВУ	53
Emil Rekanović, Miloš Stepanović, Svetlana Milijašević Marčić, Ivana Potočnik	
PESTICIDE APPLICATION IN VEGETABLE PRODUCTION	69
Новица М. Милетић	
ПРИМЕНА ПЕСТИЦИДА У ВОЋАРСТВУ	71
Novica M. Miletić	
APPLICATION OF PESTICIDES IN FRUIT GROWING	83
Мара Табаковић-Тошић	
ПРИМЕНА ПЕСТИЦИДА У ШУМАРСТВУ	85
Mara Tabaković-Tošić	
THE APPLICATION OF PESTICIDES IN FORESTRY	96
Петар Кљајић, Горан Андрић, Маријана Пражић Голић	
ПРИМЕНА ПЕСТИЦИДА У ЗАШТИТИ УСКЛАДИШТЕНИХ ПРОИЗВОДА	99
Petar Kljajić, Goran Andrić, Marijana Pražić Golić	
APPLICATION OF PESTICIDES IN STORED PRODUCT PROTECTION	118

Алекса Обрадовић	
ИНТЕГРАЛНА ЗАШТИТА БИЉА	
– ПРЕДУСЛОВ ОДРЖИВЕ ПРОИЗВОДЊЕ	119
Aleksa Obradović	
INTEGRATED PLANT PROTECTION	
– A PRECONDITION FOR SUSTAINABLE PRODUCTION	130
Александар Седлар	
УРЕЂАЈИ ЗА ПРИМЕНУ ПЕСТИЦИДА	131
Aleksandar Sedlar	
CONDITIONING PESTICIDE APPLICATION	145
Ивана Теодоровић	
УТИЦАЈ ПЕСТИЦИДА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ	147
Ivana Teodorović	
ENVIRONMENTAL IMPACT OF PESTICIDES	160
Горан Малица, Васкрсија Јањић	
РЕЗИСТЕНТНОСТ КОРОВА НА ХЕРБИЦИДЕ	161
Goran Malidža, Vaskrsija Janjić	
HERBICIDE-RESISTANT WEEDS	180
Милан Стевић	
РЕЗИСТЕНТНОСТ ГЉИВА НА ФУНГИЦИДЕ	181
Milan Stević	
FUNGICIDE RESISTANCE	195
Дејан Марчић	
РЕЗИСТЕНТНОСТ АРТРОПОДА НА ИНСЕКТИЦИДЕ И АКАРИЦИДЕ	197
Dejan Marčić	
ARTHROPOD RESISTANCE TO INSECTICIDES AND ACARICIDES	214
Петар Булат, Стефан Мандић-Рајчевић	
ЗДРАВСТВЕНИ РИЗИЦИ УСЛЕД ПРИМЕНЕ ПЕСТИЦИДА	217
Petar Bulat, Stefan Mandić-Rajčević	
HEALTH RISKS OF PESTICIDE USE	226
Драгица Бркић, Нешко Нешковић	
ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА У ОБЛАСТИ СРЕДСТАВА	
ЗА ЗАШТИТУ БИЉА	229
Dragica Brkić, Neško Nešković	
LEGISLATION ON PLANT PROTECTION PRODUCTS	251

Мирослав Ивановић	
ПОСТУПАЊЕ СА АМБАЛАЖНИМ ОТПАДОМ	
ОД СРЕДСТАВА ЗА ЗАШТИТУ БИЉА	253
Miroslav Ivanović	
MANAGEMENT OF EMPTY CROP PROTECTION PRODUCT	
CONTAINERS	267
Горан Алексић, Мира Старовић, Светлана Живковић, Слободан Кузмановић	
ЗНАЧАЈ ПРОГНОЗНО-ИЗВЕШТАЈНЕ СЛУЖБЕ	
У СУЗБИЈАЊУ ШТЕТНИХ ОРГАНИЗАМА У ПОЉОПРИВРЕДИ	269
Goran Aleksić, Mira Starović, Svetlana Živković, Slobodan Kuzmanović	
THE IMPORTANCE OF THE DISEASES FORECASTING SERVICE	
IN THE HARMFUL ORGANISMS CONTROL IN AGRICULTURE	285
ИЗВОДИ ИЗ ДИСКУСИЈЕ	287
ЗАКЉУЧЦИ	289
КОМЕНТАР	295

ПРЕДГОВОР

Актуелност проблематике развоја пољопривреде, као једног од стратешких праваца привредног развоја Србије, чији је саставни део и биљна производња, па тиме и употреба пестицида, уз недвосмислена опредељења за очување и унапређење природне средине и очување биодиверзитета, представљали су основни мотив да Академијски одбор за село и Академијски одбор „Човек и животна средина“ Српске академије наука и уметности организују 13–14. новембра 2018. године у Свечаној сали САНУ научно-стручни скуп под називом: „Коришћење пестицида у биљној производњи и заштита животне средине“.

Јавно мњење, здравствене организације и организације за заштиту животне средине, и у свету и код нас, већ дуго времена забрињава интензивна примена пестицида због њиховог утицаја на здравље људи (акутна и хронична токсичност, генотоксичност, мутагеност, оштећења нервног и имуног система), утицаја на животну средину (контаминација воде, земљишта и хране токсичним резидуима) и ефеката на биодиверзитет. Та забринутост расте са објективним спознавањем комплексности и мултидимензионалности проблематике везане за примену пестицида и заштите средине у најширем значењу те речи, као и здравља људи. Развијају се нове стратегије заштите биља, као што су истраживања у области биолошке контроле у ужем смислу, откривање и синтеза нових селективних и еколошки прихватљивих пестицида и генетичко инжињерство, а у домену заштите животне средине поставља се концептуални оквир, развоја методологија и моделовање у еколошкој процени ризика од пестицида.

Циљ овог скупа био је да обезбеди плодотворну размену компетентних мишљења о свим релеватним проблемима у оквиру тематике скупа, где је пружена прилика једном делу стручњака из одговарајућих дисциплина да изнесу своје респектабилно знање и искуства и предложи могуће правце развоја и решења актуелних проблема из ове области.

Током дводневног рада скупа саопштено је 16 научно-стручних радова. Комплексно су обрађени пестициди и њихово коришћење у позитивном смислу, као и дилеме и негативности које проузрокују за човека, биљке и животну средину, односно екосистем.

Скуп је почео детаљним историјским прегледом и значајем примене пестицида у биљној производњи; потом је детерминисана примена пестицида у ратарству, повртарству, воћарству и шумарству, а проблематика заштите ускладиштених производа је темељно обрађена, са акцентом на интегралној заштити биља, као предуслову одрживе производње. Значајан простор посвећен је уређајима за примену пестицида. Прецизно и методично је обрађена тема утицаја пестицида на животну средину, истакавши значај резистентности појединих корова на пестициде, резистентност гљива на фунгициде и резистентност артропода на инсектициде и акарициде. Значајан простор посвећен је здравственим ризицима по човека због погрешне примене пестицида. Изложена је и коментарисана законска регулатива у области заштите биља. Посебно је обрађена тема поступања са амбалажом средстава за заштиту биља.

На основу изложених реферата и публикованих радова евидентна је чињеница да наша земља поседује веома квалитетан научни и стручни кадар, способан да са успехом целовито решава проблематику везану за коришћење пестицида. Анализирајући све приказане радове, констатујемо да аутори успешно прате промене у производњи и примени пестицида, као и увођење пестицида са новим формулацијама који безбедније обезбеђују њихову примену у заштити људи, биљака, животиња и животне средине у целини.

Целовитим сагледавањем изнете проблематике, уз услов да се све предложено адекватно примени у пракси, у практичном коришћењу пестицида не би требало да буде већих проблема. Ово изискује перманентну обуку наших произвођача, посебно у области примене нових пестицида. Стога је важно да Зборник радова са овог скупа буде, директно или индиректно (преко стручњака), доступан сваком произвођачу. У овом трансферу знања посебно место припада стручњацима у пољопривредно-стручним службама, што уједно претпоставља њихову перманентну едукованост и информисаност о свим новинама у овој области.

Користимо ову прилику да се посебно захвалимо ауторима, учесницима скупа, на квалитетним радовима, а посебно на илустративним и сугестивним презентацијама и припремљеним радовима за публикување, чиме су омогућили да се успешно реализује циљ овог скупа – указивање на општа кретања у области пестицида и њихове адекватне и безбедне примене.

Академик Драган Шкорић,
председник Академијског одбора за село САНУ

Академик Марко Анђелковић,
председник Академијског одбора „Човек и животна средина“ САНУ

РЕЗИСТЕНТНОСТ ГЉИВА НА ФУНГИЦИДЕ

МИЛАН СТЕВИЋ*

С а ж е т а к. – Примена фунгицида од суштинског је значаја у одржавању здравственог стања биљака и обезбеђивању високих приноса и квалитета проиловне. Међутим, на њихову ефикасност значајно утиче појава резистентности код појединих патогена. У циљу превазилажења ове појаве, и продужења употребног рока, неопходно је што прецизније проценити ризик од настанка резистентности код појединих фунгицида. За неке групе фунгицида познато је да су ризичније за развој резистентности од других. Ако је резистентност одређене популације неког патогена на одређени фунгицид већ детектована, врло је вероватно да ће дате популације бити резистентне и на остала једињења из те групе. Међутим, унакрсна резистентност може бити само делимична, потпуно одсутна или чак у негативној корелацији, а с друге стране, може се развити између представника потпуно различитих група фунгицида. Резистентност на фунгициде обично је резултат промене на месту деловања у организму саме гљиве. Фунгициди са специфичним механизмом деловања, као и сам тип механизма, важан су индикатор за процену ризика од развоја резистентности. Неке карактеристике самог патогена такође утиче на брзину развоја резистентности. Кратко време генерације, обилна спорулација и широка распрострањеност спора, наговештај су повећаног ризика од развоја резистентности. Систематска оцена свих фактора ризика, укључујућу механизам деловања фунгицида, особине самог патогена и агрономске факторе, обезбеђује прецизну процену ризика од појаве резистентности. У циљу превазилажења ових проблема, постоји потреба увођења сталног мониторинга и утврђивања стања осетљивости гљива на фунгициде у нашој земљи.

Кључне речи: фунгициди, гљиве, резистентност, ризик, антирезистентна стратегија

1. УВОД

Примена фунгицида у циљу спречавања појаве биљних болести, позната је још из античког доба. Најстарија позната супстанца која има фунгицидно дејство је сумпор. Хомер у својим записима, који датирају из 9. века пре нове ере, помиње „жути прах“ као супстанцу која одбија штеточине. Тилет (Tillet) (1755), бележи да примена сумпора и комбинације сумпора и натријум-хлорида, спречава појаву главнице пшенице. У другој половини 19. века, након интродукције из Америке, пламењача винове лозе, чији је проузроковач псеудогљива *Plasmopara viticola*, брзо је захватила виноградарске

* Пољопривредни факултет Универзитета у Београду, stevicm@agrif.bg.ac.rs

рејоне у Француској, а решење за овај проблем пронађено је случајно. Француски ботаничар Алексис Милардет (Alexis Millardet), шетајући дуж редова винограда, приметио је да су листови који су испрскани „плавичастобелом течностју“ здрави, за разлику од оних који нису истретирани, иако се налазе у непосредној близини. Кроз разговор са власником винограда сазнао је да је „плавичастобела течност“ у ствари смеша бакар сулфата и гашеног креча, примењана са циљем да одврати крадљивце грозђа. По региону у којем је настала, ова смеша је касније названа „бордовска чорба“, а њено откриће сматра се почетком идустијске производње фунгицида и пестицида у целини [1].

До почетка 40-их година прошлог века, захваљујући успостављању основних принципа епидемиологије за најважније патогене тог времена, установљени су и основни принципи сузбијања болести. Примена фунгицида била је усмерена на заштиту воћа и поврћа као и заштиту семена ратарских усева [2].

У периоду непосредно након завршетка Другог светског рата, у примени се уводи неколико нових хемијских група фунгицида. Дитиокарбамати, а касније и фталимиди, представљали су значајан напредак у односу на познате неорганске фунгициде, пре свега због боље ефикасности и мањег ризика од појаве фитотоксичних ефеката. Неколико синтетичких фунгицида (манкозеб, манеб, каптан и хлороталонил), развијених и патентираних у овом периоду, пружали су ефикасну заштиту од ширег спектра проузроковача биљних болести. До увођења дитиокарбамата, већина производа коришћених као фунгициди примењивана је са великим утрошком по јединици површине (10–20 кг/ха), неретко испољавајући и фитотоксичне ефекте. Међутим, недостак ових фунгицида, слично сумпору и бакру, огледа се у чињеници да се након апликације не усвајају у биљно ткиво, односно, да у циљу ефикасне заштите морају бити нанесени на површину биљних органа, пре стицања услова за остваривање инфекције [3, 4].

Крајем шездесетих и почетком седамдесетих година прошлог века, почиње ера системичних фунгицида. Бензимидазоли су уведени у комерцијалну употребу током шездесетих и раних седамдесетих година, као фунгициди намењени за фолијарну примену, третирање семена и пост-жетвену примену. Ови фунгициди поседовали су јединствене особине које раније нису биле заступљене, што је, пре свега подразумевало знатно мање количине примене по јединици површине, широк спектар деловања и посебно важно, изражену системичност са пост-инфекционом активношћу, која је омогућавала сузбијање болести и након остварене инфекције. Све ове особине допринеле су да бензимидазоли стекну брзу популарност код произвођача [5,6].

Међутим, након првобитне еуфорије и одушевљења чињеницом да је проблем постинфекционе заштите коначно решен, уследило је разочарање.

Свега неколико година након њиховог увођења и интензивне примене, уочено је да ефикасност ових фунгицида рапидно опада. Прво смањење ефикасности беномила примећено је код сузбијања *Cercospora beticola*, а убрзо затим и код *Venturia. inaequalis*, *Pseudoperonospora cubensis* и других патогена [5].

Циљ овог рада је упознавање са појмом феномена резистентности гљива на фунгициде, процене ризика, као и приказ одређених мера које могу спречити или пролонгирати ову појаву.

2. ПОЈАМ И ДЕФИНИЦИЈА РЕЗИСТЕНТНОСТИ

Резистентност се дефинише као могућност развијања способности код једне расе, соја или популације неких врста организама, да толеришу дозе фунгицида које су инхибиторне за нормално осетљиве популације дате врсте. Ова врста отпорности јавља се као последица примене пестицида и наследног је карактера [7]. Поред појма резистентност, у стручној литератури користе се и термини смањена осетљивост или толерантност. Ови термини углавном имплицирају на редукцију осетљивости патогена до оног нивоа који неће представљати значајнију препреку у сузбијању патогена у пољским условима, док се термин резистентност користи у ситуацијама када је ниво отпорности такав, да ефикасно сузбијање, применом препоручених количина фунгицида више није могуће. У циљу наглашавања нивоа резистентности када изостаје ефикасна заштита у пољу, у употреби је и термин парактична (пољска) резистентност [7, 8].

Изостанак очекиваних ефеката прво се региструје у пољу. Међутим, само на основу ових сазнања, није могуће утврдити да ли се заиста ради о резистентности. Постоје бројни фактори, попут закаснеле или превремене примене, неповољних метео услова (високе или ниске температуре, обилне падавине и сл.) током или непосредно након апликације, неисправности уређаја за примену фунгицида итд. који, поред резистентности могу бити разлог изостанка адекватне заштите. Тек након што се сви други могући узроци изостанка адекватне заштите искључе, неопходно је спровести одговарајуће лабораторијске тестове како би резистентност била потврђена. Изузимајући спорадичне случајеве, може се рећи да је феномен резистентности типичан углавном за фунгициде са специфичним механизмом деловања.

2.1. Унакрсна резистентности

Популације гљива које развију резистентност на једно једињење, истовремено постају резистентне и на друга једињења која имају исти механизам деловања. Ова појава назива се укрштена резистентност. Постоје и случајеви када резистентност на једну групу једињења, резултира истовременим повећањем осетљивости на фунгициде из неке друге групе, који имају другачији механизам деловања. Овај феномен познат је као негативна укрштена рези-

стентност. Овакав пример присутан је код популација гљива резистентних на бензимидазоле, које су истовремено осетљивије на N-фенил карбамте, у поређењу са нормално осетљивим популацијама [8].

2.2. Мултипла (мулти) резистентност

Поред унакрсне, постоје случајеви да популације резистентне на једињења са једим механизмом деловања, постају резистентне на фунгициде које имају потпуно другачији механизам деловања. Ова појава назива се мултипла (мулти) резистентност, и као таква до сада није потпуно разјашњена. Неки примери унакрсне и мултипле резистентности указују да механизам деловања фунгицида није увек у потпуности разјашњен. Квиноксифен и проквиназид, према класификацији FRAC-а, припадају истој групи, аза-нафталенима. Оба једињења инхибирају транспорт електрона (пренос сигнала) у комплексу I. Међутим, унакрсна резистентност између ових једињења утврђена је код *E. necator*, али не и код *B. graminis* и других проузроковача пепелница [9, 10].

3. МЕХАНИЗМИ РАЗВОЈА РЕЗИСТЕНТНОСТИ

Под појмом механизма резистентности, подразумева се скуп, најчешће биохемијских промена, које резултирају променом осетљивости гљива на одређено једињење или групу једињења. У основи, постоје четири различита механизма развоја резистентности гљива на фунгициде.

3.1. Промена места деловања

Ово је начешћи вид механизма резистентности код гљива. Утицајем молекула фунгицида може доћи до грешака у току репликације ДНК. Ове грешке познате су као мутације. Будући да је ДНК одговорна за производњу ензима у ћелији, неке мутације доводе до промене у секвенци аминокиселина, које молекули фунгицида више не препознају као места деловања, што резултира значајним смањењем осетљивости на деловање фунгицида. Као пример оваквих промена су мутације на цитохром б гену, код којих је у позицији 143, глицин замењен аланином (G143A), односно у позицији 129, где је фенилаланин замењен леуцином (F129L). Обе мутације одговорне су за смањење осетљивости гљива на стробилурине [11, 12].

3.2. Дехидроксијација

Гљиве садрже бројне ензиме који учествују у нормалном функционисању ћелијског метаболизма. Ови ензими поседују способност да у потпуности преведу молекуле фунгицида у неактивни облик. Неки фунгициди

се примењују као про-фунгициди, тј. постају активни тек по доспевању у ћелије гљива (биоактивација). Ако дође до промене у метаболизму гљива, биоактивација може изостати, што ће резултирати смањењем или потпуним изостанком фунгицидног деловања [13, 14].

3.3. Хиперекспресија циљног места деловања

Након доспећа у ћелију гљива, молекули фунгицида се „такмиче“ са природним супстратом за циљно место. Како све више фунгицида улази у ћелију, организам производи веће количине природног супстрата (хиперекспресија), а резултира повећањем вероватноће да се метаболички процеси наставе, мање или више неометано. Примена већих доза фунгицида може пореметити равнотежу у корист хемикалије, међутим, у пракси, повећање доза примене углавном није прихватљиво [14, 15].

3.4. Елиминација фунгицида

Унутар ћелије гљиве налазе се ефлуксне пумпе које служе за искључивање или избацивање стране супстанце (ксенобиотици) из ћелије. У правилу, и поред рада ових пумпи, већина фунгицида остаје у ћелији у довољној количини која је неопходна за прекид одређених метаболичких процеса. Међутим, иако ретки, постоје примери када се радом ефлуксних пумпи из ћелије избаци одређена количина фунгицида, довољна да се спречи његово летално деловање [15, 16].

4. ПРОЦЕНА РИЗИКА ОД РАЗВОЈА РЕЗИСТЕНТНОСТИ

Да ли ће до развоја резистентности доћи и у којем временском року, могуће је оквирно проценити на основу фактора ризика. Ови фактори се могу поделити на факторе патогена, факторе фунгицида и агрономске факторе ризика [17].

Фактори повезани са особинама саме гљиве углавном се односе на генетички диверзитет популација дате врсте. Врсте које имају полную фазу у циклусу развића имају већи ризик за развој резистентности. Код патогена који имају више циклуса (полициклични) развића у току једне сезоне, ризик је већи него код оних које имају само једну генерацију годишње. Степен ризика од развоја резистентности пропорционалан је продукцији спора. Сматра се да је ризик од развоја резистентности већи код патогена надземних делова биљака у односу на патогене у земљишту. Разлог томе лежи у чињеници да се споре првих, ношене ваздушним струјама и кишом, знатно лакше и брже разносе на већа растојања, што омогућава учесталије мешање популација и стварање нових генотипова, у односу на друге.

Табела 1. Преглед патогена са различитим ризиком од развоја резистентности

Низак	Средњи	Висок
<i>Tilletia spp.</i>	<i>Bremia lactucae</i>	<i>Botrytis cinerea</i>
<i>Fusarium spp.</i>	<i>Pyrenophora teres</i>	<i>Erysiphe graminis</i>
<i>Phytophthora spp.</i>	<i>Monilinia spp.</i>	<i>Cercospora beticola</i>
<i>Pythium spp.</i>	<i>Mycosphaerella graminicola</i>	<i>Phytophthora infestans</i>
<i>Rhizoctonia spp.</i>	<i>Ucinula necator</i>	<i>Plasmopara viticola</i>
<i>Ustilago spp.</i>	<i>Peronospora spp.</i>	<i>Pseudoperonospora cubensis</i>
<i>Sclerotinia spp.</i>	<i>Colletotrichum gloeosporoides</i>	<i>Spherotheca fuliginea</i>
<i>Taphrina deformans</i>	<i>Puccinia spp.</i>	<i>Venturia spp.</i>
<i>Guignardia bidwellii</i>	<i>Ascochyta pisi</i>	<i>Dydimella bryoniae</i>
<i>Podosphaera leucotricha</i>	<i>Venturia pirina</i>	<i>Pyricularia oryzae</i>

Главни фактор ризика везан за особине фунгицида је сам механизам деловања. Фунгициди са специфичним механизмом (*single-site*) деловања, у групи су са високим ризиком, док се код неспецифичних (*multi-site*) инхибитора, резистентност углавном не јавља. Израженији ризик од развоја резистентности је код фунгицида који се примењују учестало у току једне сезоне и код оних који имају шири спектар деловања. Код фунгицида који имају куративно и ерадикативно деловање, ако се примењују након што су симптоми обољења видљиви, ризик од резистентности се повећава у односу на оне који се примењују само превентивно [17, 18].

Учестала примена фунгицида са истим механизмом деловања повећава ризик од развоја резистентности. Примена фунгицида са специфичним механизмом деловања и ослањање на њихову куративну способност, такође је једна од агрономских грешака које доводе до бржег развоја резистентности [14, 17, 18].

Табела 2. Преглед фунгицида са различитим ризиком од развоја резистентности

Низак	Средњи	Висок
Су-једињења	DMI фунгициди	Бензимидазоли
Сумпор	Анилинوپиримидини	Дикарбоксимиди
Дитиокарбамати	Фенилпироли	Фениламиди
Фатлимиди	Фосфоротиолати	Анилинوپиримидини
Хлоронитрили	Азанафталени	Стробилурини (QoI)
Дитиини	Карбамати	SDHI

Најпрецизнија процена ризика од развоја резистентности гљива обухвата истовремено факторе ризика који се односе на природу патогена и факторе везане за карактеристике фунгицида. Комбиновани ризик, предложен од стране Брент-а и Холломон-а, (Brent i Hollomon) (2007), предвиђа да свака група фунгицида и сваки патоген поседују свој фактор ризика. Множењем ова два фактора, добија се производ који представља комбиновани ризик од развоја конкретног патогена на одређени фунгицид [14].

Табела 3. Комбиновани ризик (0,5–1,5=низак, 2–6=средњи до висок, 9=јако висок ризик)

<u>Висок</u> Бензимидазоли Стробилурини Фениламиди Дикарбоксимиди SDHI...	3	3	6	9
<u>Средњи</u> DMI Анилинопири- мидини Фенилпироли Фосфоротиолати	2	2	4	6
<u>Низак</u> Си-једињења Сумпор Дитиокарбамати Фатлимиди...	0,5	0,5	1	1,5
Ризик фунгицида	Ризик патогена	1	2	3
		<u>низак</u>	<u>средњи</u>	<u>висок</u>
		<i>Rhisoctonia</i> sp. <i>Puccinia</i> sp. <i>Tilletia</i> sp. <i>Taphrina</i> sp., Патогени из земљишта...	<i>Micosphaerela</i> sp., <i>Rinchosporium</i> sp., <i>Bremia lactucae</i> , <i>Monilinia</i> spp., <i>Venturia pirina</i>	<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Blumeria graminis</i> , <i>Venturia inaequalis</i> , <i>Plasmopara viticola</i> , <i>Phytophthora infestans</i> ,

Модификација предложеног дијаграма за процену ризика, предложена од стране Кук и сар. (Kuck et al.) (2005), поред ризика фунгицида и ризика патогена, у процену укључује и агрономски ризик.

Табела 4. Модификовани комбиновани ризик

Група фунгицида	Ризик фунгицида	Комбиновани ризик			Агрономски ризик
Бензимидазоли	Висок = 6	6 3 1,5	12 6 3	18 9 4,5	Висок=1 Средњи=0,5 Низак=0,25
Стробилурини					
Фениламиди					
Дикарбоксимиди					
SDHI					
DMI	Средњи = 4	4 2 1	8 4 2	12 6 3	Висок=1 Средњи=0,5 Низак=0,25
Анилинопири-мидини					
Фенилпироли					
Фосфоротиолати					
Су-једињења	Низак = 1	1 0,5 0,25	2 1 0,5	3 1,5 0,75	Висок=1 Средњи=0,5 Низак=0,25
Сумпор					
Дитиокарбамати					
Фатлимиди					
Дитиини					
Ризик патогена		Низак=1	Средњи=2	Висок=3	
Патогени		<i>Rhisoctonia</i> sp. <i>Puccinia</i> sp. <i>Tilletia</i> sp. <i>Taphrina</i> sp., Patogeni iz zemljišta...	<i>Micospaerella</i> sp., <i>Rinchosporum</i> sp., <i>Bremia lactucae</i> , <i>Monilinia</i> spp., <i>Venturia pirina</i>	<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Blumeria graminis</i> , <i>Venturia inaequalis</i> , <i>Plasmopara viticola</i> , <i>Phytophthora infestans</i>	

5. СТАЊЕ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ГЉИВА НА ФУНГИЦИДЕ У СРБИЈИ

Појава резистентности неког фунгицида има за последицу читав низ проблема. Пре свих, овом појавом угрожени су пољопривредни произвођачи, јер се смањењем ефикасности доводи у питање обезбеђивање високих приноса и очување квалитета производа, који гарантују исплативост

производње. Резистентност погађа и хемијску индустрију јер пад ефикасности појединог средства, може узроковати губитак поверења у одређеног произвођача фунгицида. У циљу превазилажења проблема везаних за резистентност, најефикаснија мера је перманентно праћење стања осетљивости биљних патогена на фунгициде. У нашој земљи, нажалост, још увек не постоји систематско праћење резистентности биљних патогена, онако како је то организовано у неким европским земљама и САД-у. Услед недостатка одговарајућег мониторинга, велика је вероватноћа да одређен број случајева појаве резистентности остаје необјављен, и широј јавности непознат, све док се неки фунгицид не замени новим и ефикаснијим.

И поред наведених чињеница, проучавање резистентности гљива на фунгициде, у нашој земљи има дугу традицију. Још 1976. године, проф. Марић са сарадницима, саопштава о појави толерантности *Cercospora beticola* на беномил у Југославији [20], свега пар година од првог налаза ове појаве у свету [21, 22]. У нашој земљи је континуирано проучавана и детектована појава резистентности на фунгициде, код неколико, економски веома значајних биљних патогена.

Један од најдетаљније проучаваних патогена у контексту резистентности на фунгициде у Србији, управо је проузроковач пегавости лишћа шећерне репе, *Cercospora beticola*. Применом различитих метода, потврђено је постојање резистентних форми ове гљиве, на фунгициде из група бензимидазола (МБС) и триазола (ДМТ), од стране више аутора [23, 24, 25].

Након уочавања да ефикасност QoI и DMI фунгицида у заштити јабуке од проузроковача чађаве краставости изостаје, проучавана је осетљивост популација *Venturia inaequalis* на ове фунгициде. Утврђено је да су изолати овог патогена узетих из комерцијалних (Бела Црква) и експерименталних (ОШД „Радмиловац“) засада јабуке, и до 40 пута мање осетљиви на крезоксим-метил и трифлуксистеробин, односно, дифеноконазол и флузилазол, у поређењу са изолатима који воде порекло са спонтаних сејанаца јабуке, који претходно нису били изложени деловању фунгицида [26, 27]. У засадима из којих потичу резистентни изолати, изведени су двогодишњи експерименти у којима је потврђена веома ниска ефикасност QoI и DMI фунгицида у сузбијању чађаве краставости јабуке [28].

Током 2014–2017. године, проучавана је осетљивост проузроковача кестењасте пегавости, *Didymella applanata*, најзначајнијег патогена малине. Лабораторијским испитивањима потврђено је постојање високо резистентних изолата овог патогена на QoI фунгициде. Изолати који су били резистентни на пираклостробин, испољили су значајно мању осетљивост на азоксистробин, чиме је потврђена унакрсна резистентност код ова два QoI фунгицида [29, 30]. У двогодишњим огледима спроведеним на подручју Ариља, утврђена је веома слаба ефикасност азоксистробина и пираклостробина и у производним условима [30].

Проузроковач сиве трулежи, *Botrytis cinerea*, један је од најдеструктивнијих патогена у бильној производњи. Од 130 тестираних изолата, узетих са плодова малине, 9 је било изразито резистентно на беномил и тиофанат-метил [31]. Изолати *B. cinerea* узети са плодова јагоде, на подручју Шапца и Тополе, били су резистентни на трифлуксистробин и пираколостробин [32].

Иако је немали број истраживања обављен и сумња у резистентност у многим случајевима потврђена, сасвим је сигурно да међу још неким патогенима, у нашој земљи постоје популације резистентне на поједине групе фунгицида. Последњих година уочава се изостанак добре ефикасности појединих фунгицида у сузбијању неких, веома важних, патогена. Тако нпр., ефикасност анилинопириимидина (пириметанил, ципродинил), у сузбијању проузроковача чађаве краставости јабуке (*V. inaequalis*), на појединим локалитетима у Србији, није на нивоу на којем је била пре десетак година. Евидентан је и пад ефикасности стробилурина у погледу сузбијања проузроковача пепелнице винове лозе (*Uncinula necator*), као и проузроковача пегавости лишћа шећерне репе (*C. beticola*), пламењаче краставца и другог биљака фамилије *Cucurbitacea* (*Pseudoperonospora cubensis*). Наравно, све ове индикације нису довољне да у овим случајевима говоримо о резистентности, све док се она, применом одговарајућих метода и техника не потврди, што би свакако требало да буде предмет неких будућих истраживања.

6. АНТИРЕЗИСТЕНТНА СТРАТЕГИЈА

Иако грешке у примени фунгицида саме по себи нису основни узрок за развој резистентности, оне могу допринети да се овај процес убрза. Исто тако, применом одговарајућих мера, ова појава се може пролонгирати, а употребни век фунгицида у значајној мери продужити. Скуп мера које имају за циљ, да што је могуће више одложе или чак спрече појаву резистентности гљива на фунгициде, заједничким именом називају се антирезистентном стратегијом.

Ова стратегија базирана је на неколико најважнијих принципа.

6.1. Интегрална заштита биља

Примена свих расположивих нехемијских мера сузбијања, које укључују различите агротехничке мере, гајење мање осетљивих и отпорних сората и хибрида, механичко уклањање извора инокулума, примена биолошких препарата, не само да доприносе бољем очувању животне средине, већ и смањују потенцијалну могућност развоја резистентности гљива на синтетичке фунгициде.

6.1.1. Примена системичних фунгицида у комбинацији са превентивним

Комбинована примена два или више фунгицида, било да се ради о готовим смешама или у тзв. танк-микс, поред проширења спектра деловања и продужења периода заштите, значајна је и као мера антирезистентне страте-

гије. Превентивни фунгицид, примењен као партнер системичном, смањује селекциони притисак на патогена али и сузбити већ резистентне биотипове у популацији. Превентивна компонента у смеши два фунгицида, зауставиће клијање спора и спречити инфекцију, смањујући тако потребу за куративном активношћу системичне компоненте. Алтернативно, као партнер системичном фунгициду, поред неспецифичних инхибитора, могу се применити и фунгициди са специфичним механизмом деловања, наравно, под условом да између ова два фунгицида не постоји ризик од унакрсне резистентности [14,17].

6.1.2. Примена пуних препоручених доза фунгицида

У условима када је притисак обољења мали, односно када ризик од економских губитка није велики, неретко се прибегава примени смањених (субефективних) доза фунгицида, у циљу оптимизације трошкова и смањења штетног утицаја на животну средину. Међутим, у контексту развоја резистентности, ова пракса се сматра крајње погрешном. Излагање патогена субефективним дозама фунгицида, који имају висок ризик од развоја резистентности, не само да повећава шансе за његово преживљавање, већ и индукује одређене механизме настанка отпорности, најчешће генске мутације, које ће бити пренесене на потомство и тако допринети стварању резистентних популација. Поред тога, мање доза фунгицида фаворизују преживљавање и размножавање већ постојећих умерено резистентних биотипова, који би применом пуних доза били инактивисани [15, 19].

6.1.3. Примена фунгицида са различитим механизмом деловања

Континуираном применом једног или више фунгицида са истим механизмом деловања, повећава се селекциони притисак на патогена, што увећава ризик од развоја резистентности. Будући да постоји ризик, примена фунгицида са високим ризиком од развоја резистентности, често је ограничена на максимално два третирања у току једне вегетационе сезоне, а за остала третирања неопходно је прибегавати примени фунгицида са другачијим механизмом деловања, кад год је то могуће [15, 19].

6.1.4. Избегавање постинфекционе примене фунгицида

Иако могућност заустављања развоја патогена након остварене инфекције (куративно) или након што су симптоми обољења већ видљиви (ерадикативно), представља значајну предност појединих фунгицида, ослањање на ову могућност никако није препоручљиво. Без обзира што се већина ризичних фунгицида, у циљу сузбијања фолијарних патогена, примењује у смеши са неспецифичним, након већ оставрене инфекције систем делује сам, јер фунгицид партнер нема постинфекциону активност. Ако се чека да праг штетности досегне моменат који оправдава примену фунгицида, бројне

спорулационе лезије већ могу бити присутне, а формиране споре даље ширити обољење, што повећава вероватноћу за селекцију отпорних биотипова [15, 19].

6.1.5. Избегавање примене фунгицида када су метеоролошки услови неповољни

Применом фунгицида за време неповољних метео услова, често резултира губитком извесне количине активне материје са циљне површине (спирање кишом, термодеградација и сл.) или спречавање самог доспећа на циљну површину, заносењем, услед јачег ваздушног струјања, или испаравањем капљица течности током транспорта до одредишта, услед високе температуре. Количина фунгицида која остаје на циљној површини, односно која ће доћи у контакт са патогеном, мања је од препоручене, односно од количине која се сматра довољном за спречавање развоја обољења. Последице овакве примене идентичне су онима у случају примене субефективних доза [15, 19].

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] Russell, P. E. (2005): *A century of fungicide evolution*. Journal of Agricultural Science, Vol. 143, Nr. 1, pp.11–25, <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science/article/div-classtitlea-century-of-fungicide-evolutiondiv/4AF6F3725238F1122FF51BF12FB6A20E/10.09.2018>.
- [2] Schlundt, H. (2002): *Risks and benefits of biological and chemical plant protection strategies – food safety aspects*. Proceedings. British Crop Protection Conference, pp. 3–21.
- [3] Brandes, G. A. (1953): *The History and Development of the Ethylene Bisdithiocarbamate Fungicides*. American Potato Journal, Vol. 30, Nr. 6, pp. 137–140.
- [4] McCallan, S. E. A. (1967): *History of fungicides*. Pages in: *Fungicides, An Advanced Treatise*, Vol. I. Academic Press, New York, NY, pp.1–37.
- [5] Smith, C. M. (1988): *History of benzimidazole use and resistance*. In: *Fungicide Resistance in North America*. C. J. Delp, ed. American Phytopathological Society, St. Paul, MN, pp. 23–24.
- [6] Krämer, W., and Schirmer, U. (2007): *Modern Crop Protection Compounds*, Vol. 2. Wiley-VCH Verlag, Weinheim, Germany.
- [7] Georgopoulos, S. G. (1982): *Cross-resistance*. In: *Fungicide Resistance in Crop Protection*, Dekker, J and Georgopoulos, S G eds. Pudoc, Wageningen, pp. 53–59.
- [8] Leroux, P., Gredt, M. (1989): *Negative cross-resistance of benzimidazole-resistant strains of Botrytis cinerea, Fusarium nivale and Pseudocercospora herpotrichoides to various pesticides*. Netherlands Journal of Plant Pathology, Vol. 95, Nr. 1, pp. 121–127, <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01974291/10.09.2018>.
- [9] Fuchs, A. and Drandarevski, C. A. (1976): *The likelihood of development of resistance to systemic fungicides which inhibit ergosterol biosynthesis*. Netherlands Journal of Plant Pathology, Vol. 82, Nr. 2, pp. 85–87.

- [10] Genet, J. L., Jaworska, G. (2009): *Baseline sensitivity to proquinazid in Blumeria graminis f. sp. tritici and Erysiphe necator and cross-resistance with other fungicides*. Pest management science, Vol. 65, Nr.8, pp. 878–884. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19418441>/10.09.2018.
- [11] Sierotzki, H., Kraus, N., Assemet, P., Stanger, C., Cleere, S., Windass, J. and Gisi, U. (2005): *Evolution of resistance to QoI fungicides in Plasmopara viticola populations in Europe*. In: Modern fungicides and anti-fungal compounds IV. Dehne, H–W, Gisi, U, Kuck, K–H, Russell, P E and Lyr H eds. PCPS, Alton, UK, pp. 73–88.
- [12] Fraaije, B. A., Burnett, F J., Clark, W. S., Motteram, J. and Lucas, J. A. (2005): *Resistance development to QoI inhibitors in populations of Mycosphaerella graminicola in the UK*. In: Modern fungicides and anti-fungal compounds IV. Dehne, H–W, Gisi, U, Kuck, K–H, Russell, P E and Lyr H eds. BCPC, Alton UK., 63–71.
- [13] De Waard, M. A., Andrade, A. C., Hayashi, K., Schoonbeek, H–J., Stergiopoulos, I. and Fraaije, B. A., Butters, J. A., Coelho, J M., Jones, D. R. and Hollomon, D. W. (2002): *Following the dynamics of strobilurin resistance in Blumeria graminis f.sp. tritici using quantitative allele-specific real-time PCR measurements with the fluorescent dye SYBR green*. Plant Pathology, Vol. 51, Nr. 1, pp. 45–54. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.0032-0862.2001.00650.x>
- [14] Brent, K. J., and Hollomon, D. W. (2007): *Fungicide Resistance in Crop Pathogens: How Can it be Managed?* FRAC Monograph No. 1, second edition. Fungicide Resistance Action Committee, ISBN 90–72398–07–6. pp. 56. <http://www.frac.info/docs/default-source/publications/monographs/monograph-1.pdf>/09.09.2018.
- [15] Kuck, K. H. (2005): *Fungicide resistance management in a new regulatory environment*. In: *Modern fungicides and anti-fungal compounds IV*. Dehne, H–W, Gisi, U, Kuck, K–H, Russell, P. E. and Lyr, H. eds. BCPC, Alton UK., pp. 35–43.
- [16] Russell, P. E. (2003): *Sensitivity baselines in fungicide resistance research and management*. FRAC Monograph No 3. CropLife International, Brussels, pp. 56. http://www.frac.info/docs/default-source/publications/monographs/monograph-3.pdf?sfvrsn=629d419a_8/10.09.2018.
- [17] FRAC (2018): FRAC code list 1: Fungicides sorted by FRAC code list. http://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac_code_list_2018-final.pdf?sfvrsn=6144b9a_2/10.09.2018.
- [18] Gisi, U, and Staehle–Csech, U. (1988): *Resistance risk evaluation of new candidates for disease control*. In: Fungicide Resistance, Delp, C ed. APS press, Minneapolis, pp. 101–106.
- [19] FRAC recommendations for fungicide mixtures designed to delay resistance evolution. http://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-recommendations-for-fungicide-mixtures/frac-recommendations-for-fungicide-mixtures---january-2010.pdf?sfvrsn=7e9d419a_4/10.09.2010.
- [20] Marić, A., Petrov, M., Maširević, S. (1976): *Pojava tolerantnosti kod C. beticola Sacc. prema benomilu u Jugoslaviji i mogućnosti suzbijanja ovog parazita*. Zaštita bilja, Vol. 27, Nr.137–138, pp. 227–236.
- [21] Georgopoulos, S.G., and Dovas, C. (1973): *Occurrence of Cercospora beticola strains resistant to benzimidazole fungicides in Northern Greece*. Plant Disease Reporter, Vol. 62, pp. 321–324. https://www.researchgate.net/publication/227336862_Cercospora_Leaf_Spot_Disease_of_Sugar_Beet/11.09.2018.

- [22] Ruppel, E. G., and Scott, P. R. (1974): *Strains of Cercospora beticola resistant to benomyl in the U.S.A.* Plant Disease Reporter, Vol. 58, pp. 434–436. https://www.researchgate.net/publication/227336862_Cercospora_Leaf_Spot_Disease_of_Sugar_Beet/11.09.2018.
- [23] Budakov, D., Nagl, N., Stojsin, V., Bagi, F., Danojevic, D., Neher, O.T., Taski–Ajdukovic, K. (2014): *Sensitivity of Cercospora beticola isolates from Serbia to carbendazim and flutriafol.* Crop Protection, Vol. 66, pp. 120–126. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026121914002932/11.09.2018>.
- [24] Trkulja, N., Ivanovic, Z., Popovic, T., Zivkovic, S., Oro, V., Dolovac, N., Boskovic, J. (2012): *Existence of Cercospora beticola isolates resistant to benzimidazole and DMI fungicides in natural populations.* International Symposium on Current Trends in Plant Protection, Belgrade 25–28th September. Proceedings, 2012, pp. 367–372.
- [25] Trkulja, N., Ivanović, Z., Pfaf-Dolovac, E., Dolovac, N., Mitrović, M., Toševski, I., Jović, J. (2013): *Characterisation of benzimidazole resistance of Cercospora beticola in Serbia using PCR-based detection of resistance-associated mutations of the b-tubulin gene.* Eur. J. Plant. Pathol, Vol. 135, pp. 889–902. https://www.researchgate.net/publication/257316878_Characterisation_of_benzimidazole_resistance_of_Cercospora_beticola_in_Serbia_using_PCRbased_detection_of_resistance-associated_mutations_of_the_b-tubulin_gene.11.09.2018.
- [26] Stević, M., Tamaš, N., Miletić, N., Vukša, P. (2015): *Different toxicity of the strobilurin fungicides kresoxim-methyl and trifloxistrobin to Venturia inaequalis isolates from Serbia.* Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes, Vol. 50: Nr. 9, pp. 633–637. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26079336/11.09.2018>.
- [27] Stević, M., Vukša, P., Elezović, I. (2010): *Resistance of Venturia inaequalis to demethylation inhibiting (DMI) fungicides.* Zemdirbyste–Agriculture, Vol. 97, Nr. 4, 65–72. https://www.researchgate.net/publication/299049045_Resistance_of_Venturia_inaequalis_to_demethylation_inhibiting_DMI_fungicides/11.09.2018.
- [28] Stević, M. (2010): *Osetljivost Venturia inaequalis (Cooke) Winter na DMI i QoI fungicide u Srbiji.* Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- [29] Mirković, B., Tanović, B., Hrustić, J., Mihajlović, M., Stević, M., Delibašić, G., Vukša, P. (2015): *Toxicity of copper hydroxide, dithianon, fluazinam, tebuconazole and pyraclostrobin to Didymella applanata isolates from Serbia.* Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes, Vol. 50, Nr. 3, pp. 175–183. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03601234.2015.982414/11.09.2018>.
- [30] Stević, M., Pavlović, B., and Tanović, B. (2017): *Efficacy of fungicides with different modes of action in raspberry spur blight (Didymella applanata) control.* Pesticides & Phytomedicine, Vol. 32, Nr. 1, pp. 25–32. https://www.researchgate.net/publication/317712511_Efficacy_of_fungicides_with_different_modes_of_action_in_raspberry_spur_blight_Didymella_applanata_control/18.09.2018.
- [31] Tanović, B., Ivanović, M. (2010): *First Report of Occurrence of Benomyl Resistance in Botrytis cinerea Isolates on Raspberry in Serbia.* Plant Disease, Vol. 94, Nr. 4, pp. 486. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PDIS-94-4-486C?mobileUi=0/15.09.2018>.

- [32] Trkulja, N., R. Pfaf-Dolovac Erika, Milosavljevic, A., G., Jović, J., Mitrovic, M., Tosevski, I. (2016): *First Report of QoI Resistance in Botrytis cinerea Isolates Causing Gray Mold in Strawberry Fields in Serbia (News Item)*. Plant Disease, Vol. 100, Nr. 1, pp. 221. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/full/10.1094/PDIS-02-15-0209-PDN/15.09.2018>.

Milan Stević

RESISTANCE OF MUSHROOMS TO FUNGICIDE

S u m m a r y

Fungicides use is essential for the maintenance of healthy crops and reliable yields of high-quality produce. However, their effectiveness has been seriously affected in some situations by the development of resistance in target pathogens. It is necessary to assess as accurately as possible the risk of resistance arising, in order to guide selection of candidate chemicals for development and the establishment of strategies to ensure their durability. Some chemical classes of fungicides are known to be more prone to resistance problems than others. If pathogen populations resistant to certain fungicide have already development these are likely to be cross-resistant to the other member of this class. However, cross-resistance can be partial, absent or even negative correlated, and can occur between apparently unrelated chemical. Resistance to fungicides usually results from an alternation at the site of fungicidal action in the target pathogen. Thus knowledge of mode of action can indicate risk. A single rather than a multiple site of action known to have become resistant to other fungicides, and the site of action are both positive indicator of risk. Several characteristics of each target pathogen, also affect the rate of resistance development. Short generation time, abundant sporulation, widespread spore dispersal tend to increase resistance risk. Only systematic assessment including fungicide mode of action, pathogen properties and agronomic factors of risk, provides accurate degree of resistance risk. In order to overcome these problems, continuous monitoring and the determination of the fungi population susceptibility to fungicides, should be established in our country.